

(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06349831 A**

(43) Date of publication of application: **22.12.94**

(51) Int. Cl. **H01L 21/3205**  
**H01L 21/31**

(21) Application number: **05139737**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **11.06.93**

(72) Inventor: **OKAMURA KENJI**

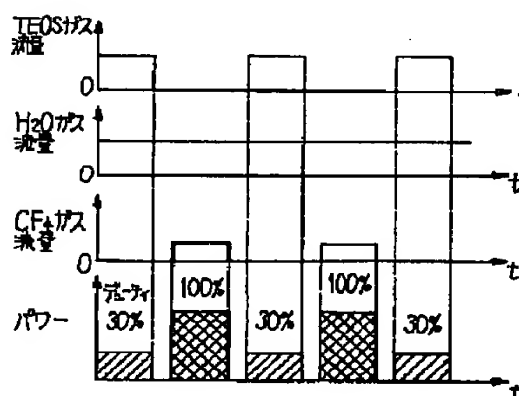
(54) **MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To form a silicon oxide glass film having a smooth surface and density as a layer insulation film.

CONSTITUTION: To provide a layer insulation film of a desired film thickness and density by repeating a process for forming a silicon oxide glass film in plasma atmosphere containing organic silane gas and vapor oxygen gas and a process for making the silicon oxide glass film dense in plasma atmosphere of gas containing fluorine alternately.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 6 - 3 4 9 8 3 1

(43)公開日 平成 6 年 ( 1 9 9 4 ) 1 2 月 2 2 日

(51)Int. Cl. <sup>5</sup>  
H01L 21/3205  
21/31

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7514-4M

H01L 21/88

K

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平 5 - 1 3 9 7 3 7

(22)出願日 平成 5 年 ( 1 9 9 3 ) 6 月 1 1 日

(71)出願人 0 0 0 0 0 4 2 3 7

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72)発明者 岡村 健司

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

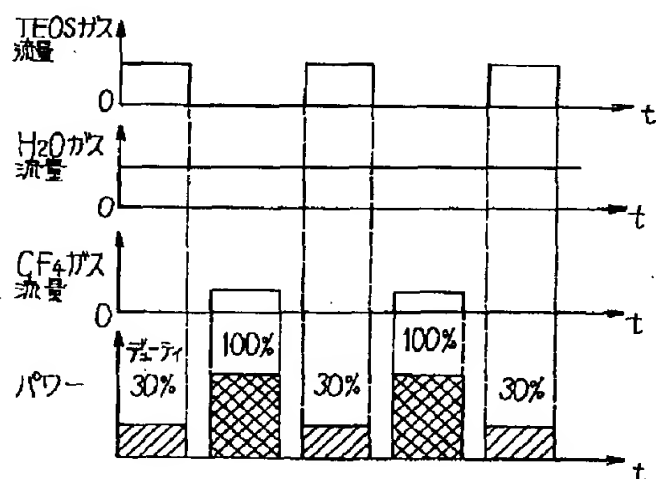
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外 2 名)

(54)【発明の名称】半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【目的】平滑な表面を有し、且つ、膜質の緻密な酸化ケイ素系ガラス膜を層間絶縁膜として形成する。

【構成】有機シランガスと水蒸気または酸素ガスを含むプラズマ雰囲気中で酸化ケイ素系ガラス膜を形成する工程と、フッ素を含むガスのプラズマ雰囲気中で、酸化ケイ素系ガラス膜を緻密化する工程を交互に繰り返して所望の膜厚の緻密な膜質の層間絶縁膜を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 有機シランガスと水蒸気または酸素ガスを含むプラズマ雰囲気から酸化ケイ素系ガラス膜を形成して下地基板を被覆する工程と、フッ素を含むガスのプラズマ雰囲気の前記酸化ケイ素系ガラス膜を緻密化する工程とを交互に繰り返して層間絶縁膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 有機シランはテトラエトキシシランである請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造方法に関し、特に層間絶縁膜の形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年の半導体装置の高集積化、高速化に伴って、金属膜配線は多層化し、金属膜配線自体も微細化、高アスペクト比化の傾向が著しい。このような半導体装置を製造していく上で、層状のとなる金属膜配線間の層間絶縁膜を十分な平滑性をもって形成することが重要である。

【0003】 平滑な表面を有する層間絶縁膜の形成方法として、例えば、1991 VMICコンファレンス (VLSI Multilevel Interconnection Conference) 予稿集、第435頁～第441頁に記載されている、テトラエトキシシラン ( $\text{Si}(\text{O}, \text{H})_4$ ) と水蒸気 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) を用いてプラズマ雰囲気中で酸化ケイ素系ガラス膜を形成する方法がある。以下、この従来技術を図面を参照して説明する。図2は従来技術及び本発明において用いられる酸化ケイ素系ガラス膜形成装置の模式図である。反応室1内にガス配管2、上部電極3を通じて、テトラエトキシシラン ( $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ )、又はTEOSと水蒸気 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) が導入される。下地基板4 (ウェーハ) は温度制御されたヒーター5の上に保持され、接地されている。上部電極3には発振周波数13.56MHzの高周波電源6が接続されており、必要に応じ矩形波のように周期的にオン/オフが可能である。このオン時間の全体時間に対する比は、デューティ比と呼ばれている。オン/オフの繰り返し周波数は例えば100KHzを用いる。テトラエトキシシランと水蒸気は反応後、排気孔8より排出される。次に従来技術の酸化ケイ素系ガラス膜の形成時のガス流量等のタイムチャートを図7に示す。テトラエトキシシランを100sccm、水蒸気を50sccmの流量で反応室内に導入する。下地基板は100℃に保持される。同時に高周波電源6よりデューティ比30%でパワーを供給することにより、表面形状が平滑な酸化ケイ素ガラス膜を形成する。以上述べた従来技術を半導体装置の層間絶縁膜の形成に適用する場合、図8(a)に示すように、シリコン基板21上の酸化シリコン膜22を選択的に被覆して金属膜配線23が形成さ

れた下地基板を用意し、この上に、前述した従来技術を用いて、図8(b)に示すように、酸化ケイ素系ガラス膜24を形成すると平滑な表面が得られる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 この従来技術の酸化ケイ素系ガラス膜の形成においては、高周波パワーがオン状態において、テトラエトキシシランと水蒸気を気相中で反応させ、流動性を有した酸化ケイ素ガラス前駆体を形成し、オフ状態において、この前駆体の下地基板に達し、流動化し、約100℃に加熱されたヒーターによって、さらに反応が進み、二酸化ケイ素を主成分とする酸化ケイ素系ガラス膜を形成する。この為、酸化ケイ素系ガラス膜を形成する熱エネルギーが通常のSOG膜形成で用いられる300℃以上の温度の場合に比較して低いこと、プラズマパワーを高くすると流動化しないので低パワーで成膜する必要があることに起因して、膜の緻密性が低い酸化ケイ素系ガラス膜が形成されることになる。緻密性が低い酸化ケイ素系ガラス膜は強い引張り応力を有するので、図8(c)に示すようにクラック27を生じる。このようなクラックは次工程の上層の金属膜配線形成工程において断線や短絡を引き起こし、半導体装置の歩留り低下を招くという問題がある。さらに、ビアホール部において緻密性が低い酸化ケイ素系ガラス膜から放出される水蒸気によって断線を生じる。

【0005】 すなわち、層間絶縁膜形成後に上層の金属膜配線を形成する場合、まず、図9(a)に示すように、酸化ケイ素系ガラス膜24を形成した後、図9

(b)に示すように、フォトレジスト膜25をマスクにしてビアホール26を開く。次に、図9(c)に示すように、フォトレジスト膜26を除去し、引き続いて図9(d)に示すように、上層の金属膜配線27を形成する工程において、緻密性が低い酸化ケイ素系ガラス膜24は容易に大気中の水蒸気を吸収し、加熱によって放出する特性がある為、金属膜形成時の加熱によって、水蒸気が滞留し易いビアホール部には金属膜が付着しない、所謂、ポイズンドビアホール28が発生する。このポイズンドビアホールによって、金属膜配線は断線し、半導体装置の著しい歩留りの低下、信頼性の低下という重大な問題を引き起こす。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の半導体装置の製造方法は、有機シランガスと水蒸気または酸素ガスを含むプラズマ雰囲気から、酸化ケイ素系ガラス膜を形成して下地基板を被覆する工程と、フッ素を含むガスのプラズマ雰囲気、前記酸化ケイ素系ガラス膜を緻密化する工程とを交互に繰り返して、層間絶縁膜を形成する工程を備えている。

## 【0007】

【実施例】 次に本発明について、図面を参照して説明する。

【 0 0 0 8 】 本発明の第 1 の実施例で用いる酸化ケイ素系ガラス形成装置は従来技術において用いられたものと同様であり、図 2 に示す。

【 0 0 0 9 】 テトラエトキシシラン、水蒸気、四フッ化炭素の各ガスは各々流量制御され、ガス配管 2 を通して上部電極 3 より反応室 1 内に導入される。下地基板 4 はヒーター 5 の上に設置され温度制御されている。また上部電極 3 には発振周波数 1 3 . 5 6 M H z の高周波電源が接続されており、必要に応じ周期的にオン／オフが可能である。本発明の第 1 の実施例における酸化シリコン系ガラス膜の形成の時のガス流量等のタイムチャートを図 1 に示す。

【 0 0 1 0 】 先ず、テトラエトキシシラン 1 0 0 s c c m、水蒸気 5 0 s c c m、高周波パワーを 1 5 0 W、加熱温度 1 0 0 ° C において、シリケートガラス膜を厚さ 5 0 n m 形成する。この際、高周波パワーは 1 0 0 k H z のオン／オフの繰り返し周波数でデューティ比 3 0 % にすることによって流動性が生じ平滑な表面を有する主成分が 2 酸化ケイ素の酸化ケイ素系ガラス膜が形成される。引き続いて、テトラエトキシシランガスを止め四フッ化炭素ガス 1 0 s c c m を導入すると同時に高周波パワーを 4 0 0 W、デューティ比 1 0 0 % に設定する。四フッ化炭素はプラズマによってフッ素ラジカルを生じるが、フッ素ラジカルは、酸化ケイ素系ガラス膜中に、テトラエトキシシランが未反応で残存した S i - O H 結合と水との重縮合反応を促進する触媒作用があることを見出した。このようにして、膜質が緻密化される範囲は表面から 5 0 n m 程度である。さらに、酸化ケイ素系ガラス膜の形成とフッ素ラジカルを用いた膜改質（緻密化処理）を時間的に分けて独立に行なうので、膜改質時の高周波パワーを高くすることが可能となり、イオンの運動エネルギーを高くでき、膜の緻密化がさらに促進される。以上を繰り返して行なうことにより、所望の酸化ケイ素系ガラス膜を得る。

【 0 0 1 1 】 次に、本実施例の具体例として半導体装置の層間絶縁膜の形成について説明する。

【 0 0 1 2 】 まず、図 3 ( a ) に示すように、シリコン基板 2 1 にシリコン酸化膜 2 2、図示しないトランジスタ等の素子、金属膜配線 2 3 が形成された下地基板を準備する。この上に、図 3 ( b ) に示すように、テトラエトキシシランと水蒸気を用いて、平滑な表面を有する酸化ケイ素系ガラス膜 2 4 - 1 を厚さ 5 0 n m 形成する。引き続いて、図 3 ( c ) に示すように、四フッ化炭素プラズマ中のフッ素ラジカル及びイオン 2 9 にさらすことによって酸化ケイ素系ガラス膜 2 4 - 1 は緻密化された酸化ケイ素系膜 3 0 - 1 になる。同様に、図 4 ( a ) に示すように、酸化ケイ素系ガラス膜 2 4 - 2 を形成し、図 4 ( b ) に示すように、緻密化処理を行なう。このような酸化ケイ素系ガラス膜の形成と緻密化処理を例えば 1 0 回繰り返すことにより、図 4 ( c ) に示すように、

緻密化された酸化ケイ素系ガラス膜 3 0 が厚さ 1 μ m 層間絶縁膜として形成される。従来技術において形成した酸化ケイ素系ガラス膜は、8 0 0 ° C の熱処理後の膜厚が、形成時の膜厚に比較して 1 5 % 収縮するような疎な膜質を有していたが、本発明第 1 の実施例によれば 5 % 収縮にまで改善される。その結果、従来技術において見られた、膜のクラックやポイズンドピアホールを生じることが無くなる。

【 0 0 1 3 】 次に本発明第 2 の実施例について図面を参照して説明する。

【 0 0 1 4 】 図 5 は本発明第 2 の実施例において用いられる酸化ケイ素系ガラス膜形成装置の模式図である。

【 0 0 1 5 】 第 1 の実施例と異なる点は、プラズマの形成用の電源として、スイッチ 9 によって高周波電源 6 と低周波電源 7 が交互に選択できる構造となっている。酸化ケイ素系ガラス膜の形成について図 6 を参照して説明する。

【 0 0 1 6 】 まず、酸化ケイ素系ガラス膜を第 1 の実施例と同様に 1 3 . 5 6 M H z の高周波をデューティ比 3 0 %、パワー 1 5 0 W にして形成する。引き続いて、電源を 4 0 0 k H z の低周波電源に切り替え、4 0 0 W、デューティ比 6 0 %、にして 2 0 秒の膜改質処理を行なう。低周波を用いることによって、イオンの運動エネルギーは高くなり、第 1 の実施例に比較してさらに膜の緻密性は向上し、8 0 0 ° C での熱処理後の膜収縮は 3 % にまで改善される。

【 0 0 1 7 】 以上、テトラエトキシシランを用いて説明したがその他のアルコキシシランやシロキサン等の有機シランを用いて酸化ケイ素系ガラス膜を形成する場合にも適用できる。また、水蒸気に代えて酸素でも良い。さらに、フッ素を含むガスとして四フッ化炭素ガスの他に六フッ化二炭素ガス ( C 2 F 6 )、フッ素ガス ( F 2 ) を用いても良い。

【 0 0 1 8 】

【発明の効果】 以上説明したように本発明は、フッ素ラジカルの触媒作用を用いることにより、テトラエトキシシランなどの有機シランガスと水蒸気または酸素ガスを含むプラズマ雰囲気から形成される酸化ケイ素系ガラス膜を緻密化させて半導体装置の層間絶縁膜を形成するので、層間絶縁膜のクラックや上層配線形成時のポイズンドピアホールを生じることが無く、半導体装置の歩留り、及び信頼性が一層改善されるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施例におけるガス流量等のタイムチャートである。

【図 2】 本発明第 1 の実施例及び従来技術において用いられる酸化ケイ素系ガラス膜形成装置の模式図である。

【図 3】 本発明の第 1 の実施例の説明のための ( a ) ~ ( c ) に分図して示す工程順断面図である。

【図 4】 図 3 に対応する工程の次工程の説明のための

5

6

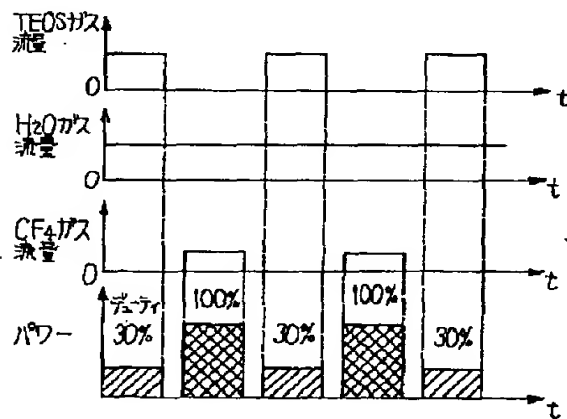
- ・ (a) ~ (c) に分図して示す工程順断面図である。
- ・ 【図 5】 本発明第 2 の実施例において用いられる酸化ケイ素系ガラス膜形成装置の模式図である。
- ・ 【図 6】 本発明第 2 の実施例におけるガス流量等のタイムチャートである。
- ・ 【図 7】 従来技術の酸化ケイ素系ガラス膜形成におけるガス流量等のタイムチャートである。
- ・ 【図 8】 従来技術の説明のための (a) ~ (c) に分図して示す工程順断面図である。
- ・ 【図 9】 従来技術におけるボイズンドピアホール の発生を説明するための (a) ~ (d) に分図して示す工程順断面図である。

【符号の説明】

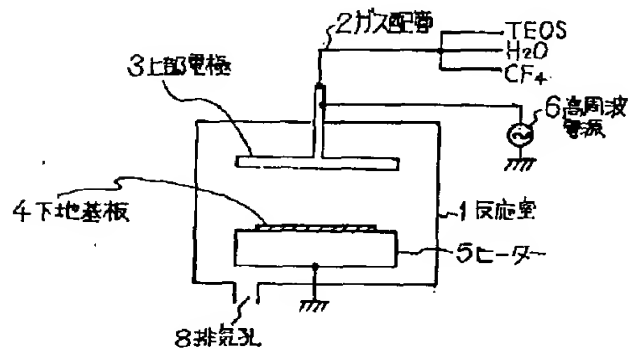
- 1 反応室
- 2 ガス配管
- 3 上部電極
- 4 下地基板

- 5 ヒーター
- 6 高周波電源
- 7 低周波電源
- 8 排気孔
- 9 スイッチ
- 21 シリコン基板
- 22 酸化シリコン膜
- 23 金属膜配線
- 24, 24-1, 24-2 酸化ケイ素系ガラス膜
- 25 フォトリソグ膜
- 26 ピアホール
- 27 上層の金属膜配線
- 28 ボイズンドピアホール
- 29 フッ素ラジカル及びバイオン
- 30, 30-1, 30-2 緻密化された酸化シリコン系ガラス膜

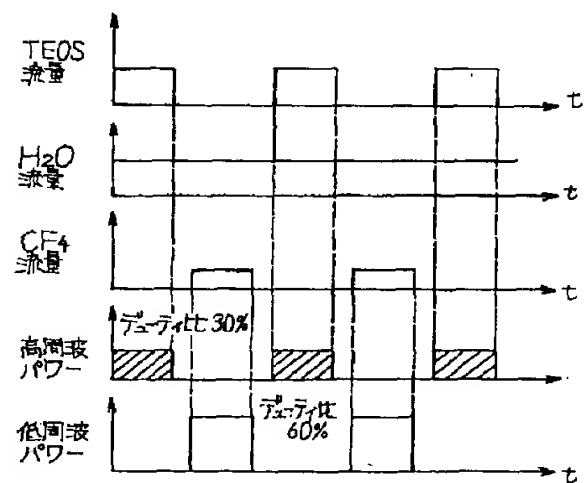
【図 1】



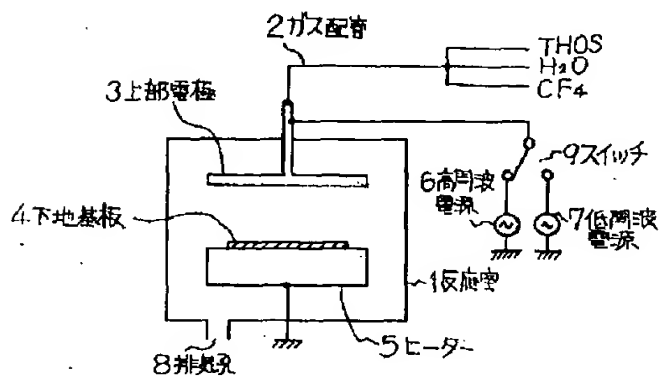
【図 2】



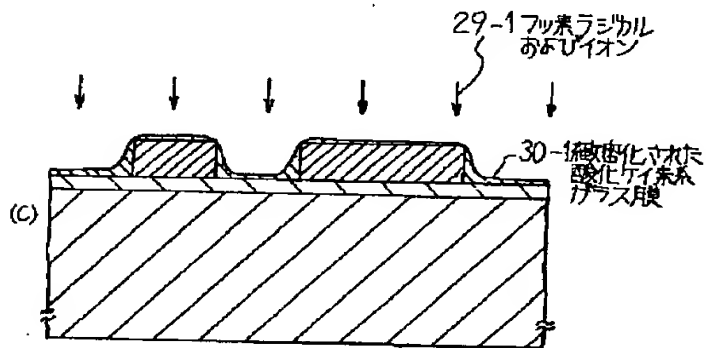
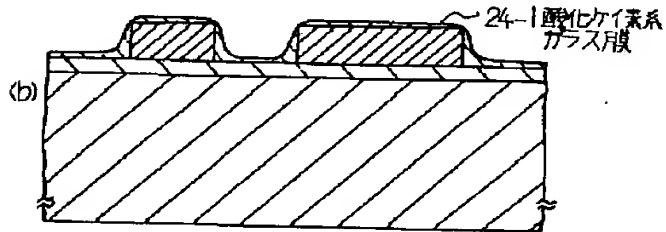
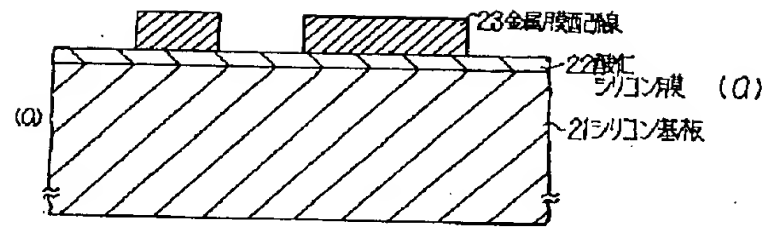
【図 6】



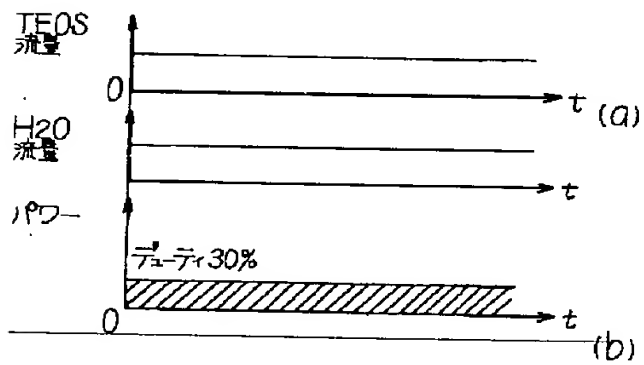
【図 5】



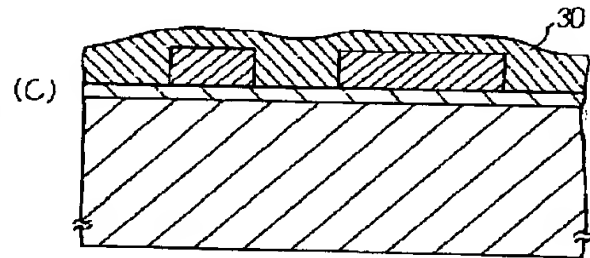
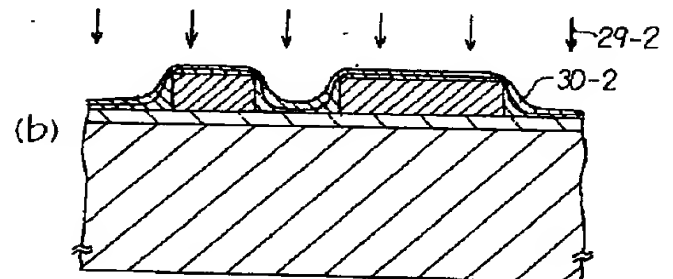
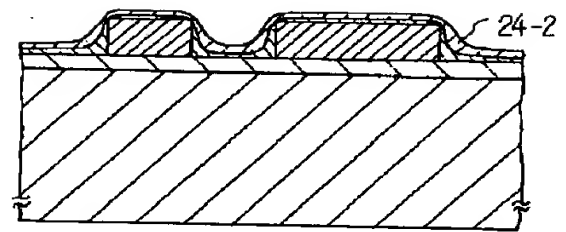
【図 3】



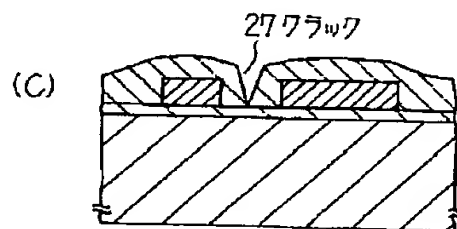
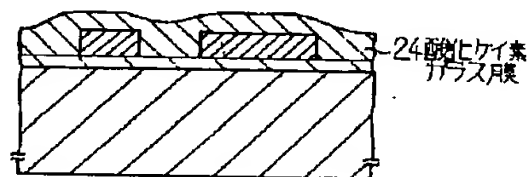
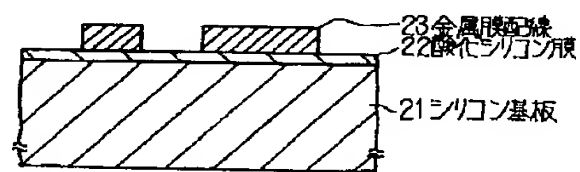
【図 7】



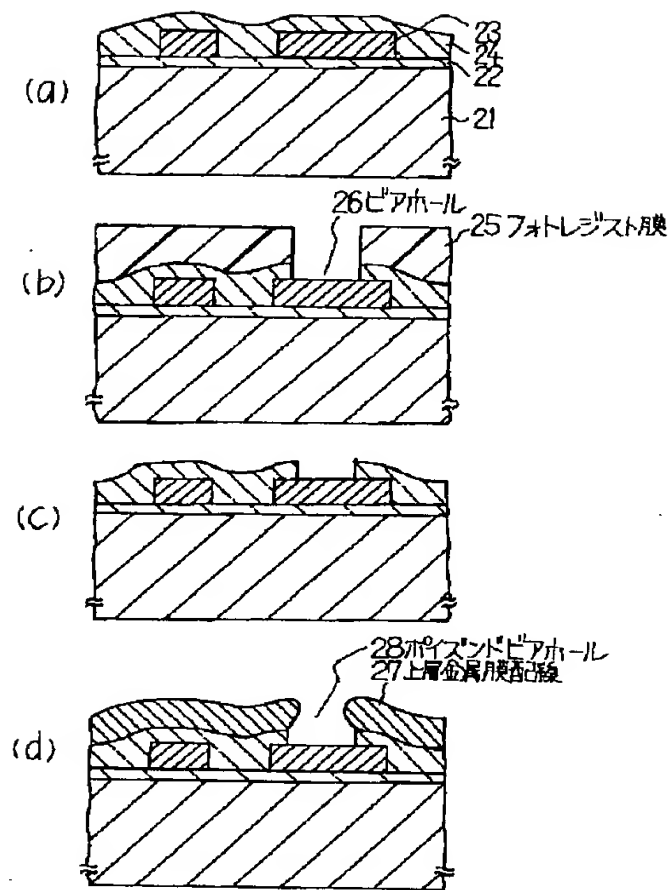
【図 4】



【図 8】



【 図 9 】



続 葉

・ 先行技術文献

特開平10-163317号公報

(多孔性TEOS酸化膜の点)

特開平11-087332号公報

(SOG膜をO<sub>2</sub>プラズマ、H<sub>2</sub>プラズマに曝してSi-O結合をなくし、  
吸湿性を少なくする)

特開平11-016911号公報

(絶縁膜に酸素プラズマ処理を行うことにより、絶縁膜中の炭化水素基を除  
去し、微小な空孔を形成するので、誘電率が低減する)

特開平11-145134号公報

(SiH<sub>4</sub>からプラズマCVDによってポーラスな酸化膜を形成し、その後  
アニールを行う)

特開平02-285636号公報

(TEOS、水蒸気、水素を原料ガスとしてプラズマCVDを行う)

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

この拒絶理由通知の内容に関するお問い合わせ先

審査第四部電子素材加工 審査官 池淵 立

TEL. 03(3581)1101 内線. 3469~3471

FAX. 03(3580)6905